

بررسی اثر سیستم کانابینویدی اندوژن بر عملکرد عصبی بافت کورپوس کاورنوزوم

دستگاه تناسلی خارجی موشهای صحرایی نر

چکیده

زمینه و هدف: اگر چه بررسی‌ها نشان داده‌اند که اندوکانبینوئیدها اثراتی مرکزی بر نعوظ دارند، ولی اثر محیطی آنها بر نعوظ نامشخص می‌باشد. هدف از این مطالعه، بررسی اثر آنانداماید (یک کانابینوئید اندوژن) بر پاسخ‌های شل‌شدگی القاء شده با تحریک اعصاب غیرآدرنرژیک غیر کولینرژیک (Non adrenergic Non cholinergic=NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم (بافت حیاتی در ایجاد نعوظ) موشهای صحرایی نر بوده است.

روش بررسی: کورپوس کاورنوزوم موشها بعد از جدا شدن توسط دایسکت دقیق و گذاشتن در حمام ارگان استاندارد اکسیژنه و حاوی آتروپین (۱ میکرومول) و گوانتیدین (۵ میکرومول) (به ترتیب جهت بلوک کولینرژیک و آدرنرژیک) و به دنبال ایجاد انقباض توسط ۷/۵ میکرومول فنیل‌افرین، توسط تحریک الکتریکی در فرکانس‌های ۲، ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز، دچار شل‌شدگی شدند و نتایج توسط دستگاه الکتروفیزیوگراف ثبت گردید. آنانداماید (۱ و ۳ میکرومول در گروه‌های مجزا)، ۲۰ دقیقه قبل از تحریکات الکتریکی به حمام ارگان اضافه شد. در گروه‌های مجزای دیگر، هر یک از آنتاگونیست‌های اختصاصی رسپتورهای CB₁ (یک میکرومول AM251)، CB₂ (یک میکرومول AM630) و وانیلوئیدی (۳ میکرومول کاپسازپین)، ۴۵ دقیقه قبل از آنانداماید (یک میکرومول) به حمام اضافه شدند. همچنین، وجود رسپتورهای کانابینویدی و وانیلوئیدی در این بافت توسط روش وسترن بلات ارزیابی شد. هر گروه شامل ۶ حیوان بود. نوع مطالعه به صورت تجربی (Experimental) بوده و تحلیل آماری داده‌ها به وسیله آنالیز یکطرفه واریانس (ANOVA) متعاقب Newman-Keuls as post-hoc test انجام شد و $P < 0.05$ از لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

یافته‌ها: پاسخ‌های شل‌شدگی وابسته به NANC در بافت کورپوس به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) در حضور آنانداماید (۱ و ۳ میکرومول) افزایش یافتند. اثر تقویت‌کننده آنانداماید بر پاسخ‌های NANC در حضور AM251 (یک میکرومول) و کاپسازپین (۳ میکرومول) اما نه با AM630 (یک میکرومول)، به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) کاهش یافت. همچنین، مهارکننده آنزیم نیتریک اکساید سنتتاز [یک میکرومول (N^w-Nitro-L-Arginine Methylester)-L-NAME]، به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) پاسخ‌های شل‌شدگی را در حضور یا غیاب آنانداماید مهار کرد. اگر چه ۳۰ نانومول L-NAME اثری بر پاسخ‌های NANC نداشت، به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) اثر تقویت‌کننده آنانداماید را بر پاسخ‌های NANC کاهش داد. همچنین، آنانداماید اثری بر پاسخ‌های شل‌شدگی توسط دوزهای مختلف نیترپروپوسایدسیدیم (یک میکرومول و ۱۰ نانومول) نداشت. وسترن بلات بافت کورپوس کاورنوزوم نشان داد که پروتئین رسپتورهای CB₁ و VR₁ (اما نه CB₂) در این بافت وجود دارند.

نتیجه‌گیری: مطالعه حاضر برای اولین بار نشان داد که آنانداماید (یک اندوکانبینوئید) باعث افزایش پاسخ‌های شل‌شدگی وابسته به NANC در بافت کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی نر از طریق هر یک از رسپتورهای CB₁ و وانیلوئیدی VR₁ می‌شود. به نظر می‌رسد که در این اثر، مسیر نیتریک اکساید درگیر باشد. همچنین، در این مطالعه نشان داده شد که رسپتورهای CB₁ و VR₁ در این بافت وجود دارند.

کلیدواژه‌ها: ۱- کانابینوئیدها ۲- اعصاب غیرآدرنرژیک غیرکولینرژیک (NANC) ۳- نیتریک اکساید ۴- بافت کورپوس کاورنوزوم ۵- موش صحرایی

مهدی قاسمی I

حامد صادقی‌پور رودسری I

دکتر احمدرضا دهپور II

*دکتر حمیدرضا صادقی‌پور رودسری II

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۲۸، تاریخ پذیرش: ۸۵/۱۲/۵

- (I) دانشجوی پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران، تهران، ایران.
(II) استاد فارماکولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران، تهران، ایران.
(III) استاد فیزیولوژی، دانشکده پزشکی، خیابان ۱۶ آذر، خیابان پورسینا، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران، تهران، ایران (*مؤلف مسؤول).

مقدمه

هزاران سال است که کانابینوئیدها به وسیله بشر استفاده می‌شوند.^(۱) امروزه، مطالعات فارماکولوژیک و مولکولی حداقل دو نوع از رسپتورهای کانابینویدی را به نامهای CB₁ و CB₂ مشخص ساخته‌اند.^(۲، ۳) رسپتورهای CB₁ کانابینویدی عمدتاً در مغز و نیز در سیستم عصبی محیطی وجود دارند، در حالی که رسپتورهای کانابینویدی CB₂ عمدتاً در بافت‌های محیطی و در ارتباط با سیستم ایمنی می‌باشند.^(۴، ۵) همانند مورفین، کشف رسپتورهایی برای کانابینوئیدهای اگزوژن این احتمال را که ممکن است در بدن، کانابینوئیدهای اندوژن وجود داشته باشند، بالا برد. نخستین لیگاند کانابینویدی که جداسازی شد، آراشیدونیل اتانولامین (Arachydonylethanolamine) بود که به نام آناندامید (Anandamide) معروف شد.^(۶، ۷) اخیراً نیز نشان داده شده است که رسپتورهای وانیلویدی بر روی اعصاب حسی دور عروقی، ممکن است نقش مهمی را در پاسخ‌های عروقی به آناندامید ایفا نمایند.^(۸، ۹)

برخی بررسی‌ها نشان داده‌اند که تجویز کانابینوئیدهای اندوژن و اگزوژن در کنار اثرات متعدد بر سیستم‌های مختلف بدن، بر نعوظ آلت تناسلی خارجی (Penile Erection) و رفتار جنسی (Sexual behavior) نیز اثر می‌گذارند.^(۱۰، ۱۱) گزارش شده است که آنتاگونیست رسپتور CB₁ (SR141716A) قادر است که پاسخ‌های نعوظ آلت تناسلی به آپومورفین در موش‌های صحرایی را تقویت نماید.^(۱۲) همچنین، اخیراً نشان داده شده است که رسپتورهای کانابینویدی CB₁ در هسته پاراونتریکولار ممکن است عملکرد نعوظ و فعالیت جنسی را احتمالاً با تنظیم نوروهای اکسی‌توسینرژیک میانجی‌گری کننده عملکرد نعوظ تحت تاثیر قرار دهند.^(۱۳) هر چند مطالعات اخیر پیشنهاد کرده‌اند که کانابینوئیدها ممکن است از طریق یک مکانیسم مرکزی بر عملکرد جنسی اثر داشته باشند، اثر محیطی کانابینوئیدها بر عملکرد نعوظ همچنان مبهم باقی مانده است.

شل شدگی عضله صاف بافت کورپوس کاورنوزوم جهت

القاء و نگهداشتن حالت نعوظ، مهم و حیاتی می‌باشد. بخوبی شناخته شده است که نیتریک اکساید (Nitric oxide=NO) که از اعصاب غیرآدرنرژیک غیرکولینرژیک (NANC) واقع در بافت کورپوس کاورنوزوم آزاد می‌شود، مهم‌ترین میانجی عصبی در شل‌شدگی عضله صاف بافت کورپوس کاورنوزوم است.^(۱۴، ۱۵) به نظر می‌رسد که NO عصبی که به وسیله آنزیم سنتز کننده NO عصبی (neuronal nNOS) تولید می‌شود، مهم‌ترین عامل مسئول برای شل شدگی فوری بافت کورپوس کاورنوزوم و عروق آلتی باشد.^(۱۶)

هدف مطالعه حاضر، ارزیابی اثر آناندامید (یک کانابینوئید اندوژن) بر پاسخ‌های شل شدگی وابسته به تحریک اعصاب NANC در بافت کورپوس کاورنوزوم موش‌های صحرایی نر بود. در این مطالعه همچنین درگیری احتمالی رسپتورهای کانابینویدی CB₁ و CB₂ و وانیلویدی VR₁ در تغییرات مرتبط به آناندامید در پاسخ‌های شل شدگی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، بیان پروتئین هر یک از این رسپتورها در بافت کورپوس کاورنوزوم به وسیله روش وسترن بلات مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی

رت‌های نر Sprague-Dawely (انستیتو پاستور ایران) با وزن ۲۵۰-۳۰۰ گرم در طول مطالعه استفاده شدند. حیوانات در یک اتاق با کنترل نور کافی با سیکل شبانه‌روزی ۱۲ ساعته نگهداری می‌شدند و به آنها غذا و آب کافی داده می‌شد. کلیه آزمایشات مطابق با توصیه کمیته اخلاقی دانشگاه انجام شدند.

رت‌ها از طریق Cervical dislocation کشته می‌شدند. پنیس، از طریق جراحی در سطح اتصالات انتهایی به استخوان‌های Pubo-ischial، جدا شده و در ظرف پتری محتوی محلول Krebs-bicarbonate (محتوی: NaCl, 118.1; KCl, 4.7; KH₂PO₄, 1.0; MgSO₄, 1.0; NaHCO₃, 25.0; CaCl₂, 2.5; and glucose, 11.1 mM) که توسط گاز کاربوژن (۹۵٪ O₂ و ۵٪ CO₂) به صورت حباب (bubbled)

حل شد. AM251 و AM630 در دی‌متیل‌سولفوکساید (DMSO) و سالی‌ن حل شدند. کاپسازپین در اتانول خالص حل شد و بقیه داروها در آب مقطر حل شدند.

برای ثبت تحریکات الکتریکی اعصاب NANC، در کلیه گروه‌ها قبل از ایجاد تحریکات، یک میکرومول آتروپین (جهت بلوک کولینرژیک) و ۱۵ میکرومول گوانتیدین (جهت بلوک آدرنرژیک) به محلول در حمام ارگان اضافه می‌شد. ارزیابی اثرات کانابینویدی‌های اندوژن (آنانداماید) و رسپتورهای درگیر در آن به صورت زیر بود:

در گروه کنترل، ایجاد شل شدگی ناشی از تحریکات الکتریکی بدون اضافه کردن هیچ دارویی در Organ chamber توسط فیزیوگراف ثبت می‌شد.

در گروه دوم، ۲۰ دقیقه قبل از ایجاد تحریکات الکتریکی به منظور شل شدگی بافت، آنانداماید (۰/۳، ۱ و ۳ میکرومول) به محلول Organ chamber اضافه می‌شد و بعد از ۲۰ دقیقه، تحریکات الکتریکی جهت ایجاد شل شدگی در بافت کورپوس که با ۷/۵ میکرومول فنیل‌افرین منقبض شده بود، داده می‌شد و به طور همزمان توسط فیزیوگراف ثبت می‌شد.

همچنین در گروه‌های مجزای دیگر، همزمان با متعادل شدن بافت در محلول، آنتاگونیست اختصاصی رسپتور CB₁ (یک میکرومول AM251)، آنتاگونیست اختصاصی رسپتور CB₂ (یک میکرومول AM630) و آنتاگونیست اختصاصی رسپتور وانیلوییدی VR₁ (۳ میکرومول کاپسازپین یا Capsazepine) به طور جداگانه به محلول اضافه شدند و پس از ۴۵ دقیقه، آنانداماید (یک میکرومول) به محلول اضافه شد. ۲۰ دقیقه بعد از آن، شل شدگی ناشی از تحریکات الکتریکی در بافت کورپوس کاورنوزوم که با ۷/۵ میکرومول فنیل‌افرین منقبض شده بود، به وسیله ثبت در فیزیوگراف بررسی می‌شد. همچنین، اثر هر یک از این آنتاگونیست‌ها به تنهایی بر پاسخ‌های شل شدگی مورد ارزیابی قرار می‌گرفتند. بعلاوه، اثر هر یک از حلال‌های داروهای مورد

اکسیژن دهی می‌شد، قرار داده می‌شد. گلنس پنیس و پیشابراه، جدا شده و بافت کورپوس کاورنوزوم از تونیکا آلبوژینه جدا می‌شد. دو کورپوس کاورنوزوم به وسیله برش سپتوم فیبری بین آنها از یکدیگر جدا می‌شدند. آنها به طور جداگانه در یک حمام ارگان (Organ chamber) محتوی ۲۷ میلی‌لیتر محلول Krebs-bicarbonate آویزان می‌شدند، به گونه‌ای که یک انتهای آنها به نگهدارنده الکتروود و طرف دیگر به یک سیم مرتبط با مبدل نیرو (Narco F-60, Narco Biosystem, Houston, TX, USA) وصل می‌شد. همینطور رشته‌ها در داخل یک سیم‌پیچ قرار می‌گرفتند و دو سیم خارج شده از سیم‌پیچ، به دو قطب دستگاه تولید کننده تحریک الکتریکی وصل می‌شدند. حمام‌های محتوی محلول Krebs-bicarbonate (PH=۷/۴) در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد با اکسیژن ۹۵٪ و CO₂ ۵٪ متعادل می‌شدند.

رشته‌های کورپوس کاورنوزوم مجازند تا تحت کشش استراحت اپتیمال برای ۴۵ دقیقه متعادل شوند. Optimal Resting Tension برای رشته‌های کورپوس، ۰/۵ گرم می‌باشد و این کشش در همه آزمایشات بکار گرفته شد. در آزمایشاتی که تحریک الکتریکی در آن بکار گرفته می‌شد، یک میکرومول آتروپین (جهت بلوک کولینرژیک) و ۵ میکرومول گوانتیدین (جهت بلوک آدرنرژیک) همواره در محلول حمام ارگان وجود داشت تا وضعیت غیرآدرنرژیک غیرکولینرژیک (NANC) جهت تحریکات بوجود آید. در همه آزمایشات هر رشته کورپوس کاورنوزوم تنها یک بار مصرف می‌شد.

داروهای مورد استفاده در طول مطالعه شامل فنیل‌افرین هیدروکلرید، آنانداماید، AM251 (آنتاگونیست اختصاصی رسپتور CB₁ کانابینویدی)، AM630 (آنتاگونیست اختصاصی رسپتور CB₂ کانابینویدی)، کاپسازپین (آنتاگونیست اختصاصی رسپتور VR₁ وانیلوییدی)، سدیم نیتروپروساید (Sodium nitropruside=SNP)، L-NAME، گوانتیدین سولفات (N^w-Nitro-L-Arginine Methyl Ester)، و آتروپین سولفات (Sigma, St. Louis, MO, USA) بود. آنانداماید در محلول ۱:۱۰:۱۸ از سالی‌ن/اتانول/مول فور

استفاده یعنی DMSO و اتانول در بیشترین حجم مورد استفاده جهت بررسی داروهای فوق به تنهایی بر پاسخ‌های شل‌شدگی به تحریکات الکتریکی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای بررسی اثر L-NAME بر اثرات آنانداماید، ۳۰ دقیقه قبل از اضافه نمودن آنانداماید، L-NAME (یک میکرومول و ۳۰ نانومول) به محلول Organ bath اضافه می‌شد و ۲۰ دقیقه بعد از اضافه نمودن آنانداماید (یک میکرومول)، شل‌شدگی ناشی از تحریکات الکتریکی در بافت کورپوس کاورنوزوم که با ۷/۵ میکرومول فنیل‌افرین منقبض شده بود، به وسیله ثبت در فیزیوگراف بررسی می‌شد.

در گروه کنترل، ایجاد شل‌شدگی به وسیله SNP بدون اضافه کردن هیچ دارویی در Organ chamber توسط فیزیوگراف ثبت می‌شد. در گروه دوم، ۲۰ دقیقه قبل از ایجاد تحریکات الکتریکی، آنانداماید (Anandamide؛ یک میکرومول) به حمام ارگان اضافه می‌شد و بعد از ۲۰ دقیقه، بافت کورپوس کاورنوزوم توسط ۷/۵ میکرومول فنیل‌افرین منقبض می‌شد و هنگامی که انقباض به سطح ثابتی می‌رسید، رشته‌ها به وسیله اضافه نمودن دوزهای تجمعی سدیم نیتروپروساید (یک نانومول و یک میلی‌مول) هر ۲ دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه Relax می‌شدند که به طور همزمان این مراحل توسط فیزیوگراف ثبت می‌شدند. بررسی اثرات آنتاگونیست‌های CB₁ و CB₂ و وانیلوییدی VR₁ مشابه با مراحل NANC-induced relaxation انجام می‌شد، منتهی به جای تحریک الکتریکی، در اینجا دوزهای تجمعی SNP (یک نانومول و یک میلی‌مول) جهت ایجاد شل‌شدگی استفاده می‌شدند.

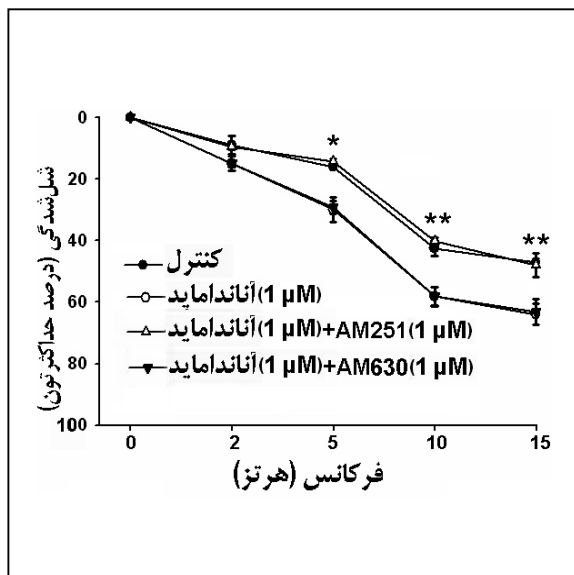
بافتهای فریز شده کورپوس کاورنوزوم در بافر PIPA صفر درجه سانتی‌گراد محتوی مهارکننده‌های پروتئاز، ۵۰ میلی‌مول Tris (PH=۸)، ۱۵۰ میلی‌مول کلرید سدیم، NP-40 (۱٪)، دزوکسیکولات سدیم (۵/۰٪) و SDS (۱/۰٪) هموژنیزه می‌شدند و سپس سانتریفوژ (g × ۱۰۰۰ و به مدت ۵

دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد) می‌شدند. بعد از تعیین غلظت‌های پروتئین سوپرناتانت‌ها (ارزیابی برادفورد با آلومین سرم گاو به عنوان استاندارد)، ۱۰ میکروگرم پروتئین از هر نمونه بوسیله SDS-PAGE جدا می‌شد و به غشاء فلورید پلی‌وینیلیدن (PVDF) منتقل می‌شد. بعد از بلوک شدن با بافر سالین Tris (۱۰ میلی‌مول از Tris و ۱۰۰ میلی‌مول از کلرید سدیم) حاوی Tween-20 ۰/۱٪ به مدت ۱ ساعت، غشاءها در طول شب با آنتی‌بادی‌های ضد CB₂، CB₁ و VR₁ (به ترتیب با رقت‌های ۱:۲۰۰، ۱:۱۰۰ و ۱:۱۰۰ آنتی‌بادی پلی‌کلونال خرگوش از Santa Cruz, CA, USA، Biotechnology) انکوبه می‌شدند. بعد از شستشو، غشاءها با آنتی‌بادی متصل به ضد آلکالین فسفاتاز IgG anti-rabbit IgG alkaline phosphatase-linked (Perbio Science, UK؛ رقت ۱:۵۰۰۰) انکوبه می‌شدند. آلکالین فسفات با استفاده از کیت‌های BCIP/NBT (Prmega, Madison, USA) تعیین می‌شد. پروتئین‌های استخراج شده از زبان، مغز و طحال موش صحرایی به ترتیب به عنوان بافتهای کنترل مثبت برای واکنش ایمنولوژیک CB₁، VR₁ و CB₂ استخراج شدند.

این مطالعه یک مطالعه علوم پایه تجربی (Experimental) بوده و داده‌ها به صورت انحراف معیار میانگین ± میانگین بیان می‌شدند. تحلیل آماری داده‌ها به وسیله آنالیز یکطرفه واریانس (One-Way ANOVA) متعاقب Newman-Keuls as (post-hoc test) انجام شد و P < ۰/۰۵ از لحاظ آماری معنی‌دار در نظر گرفته شد.

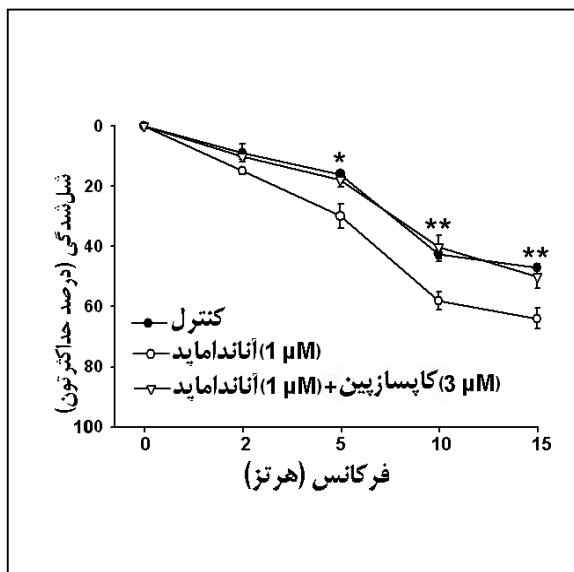
یافته‌ها

همانطور که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است، آنانداماید در غلظتهای ۱ و ۳ میکرومول به طور معنی‌داری باعث افزایش شل‌شدگی القاء شده با تحریک الکتریکی اعصاب NANC در بافت کورپوس کاورنوزوم شد، اما در غلظت ۰/۳ میکرومول، اثر قابل توجهی بر این پاسخ‌ها نداشت. اثر تقویت کننده آنانداماید



* یعنی $P < 0.05$ و ** یعنی $P < 0.01$ نسبت به گروهی که در آن تنها آنانداماید (یک میکرومول) اضافه شده است.

شکل شماره ۲- اثر آنتاگونیست‌های اختصاصی رسپتورهای کانابینویدی CB_1 (یک میکرومول AM251) و CB_2 (یک میکرومول AM630) بر پاسخ‌های شل شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب غیرآدرنژیک غیرکولینرژیک (NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل افرین در حضور آنانداماید (یک میکرومول).

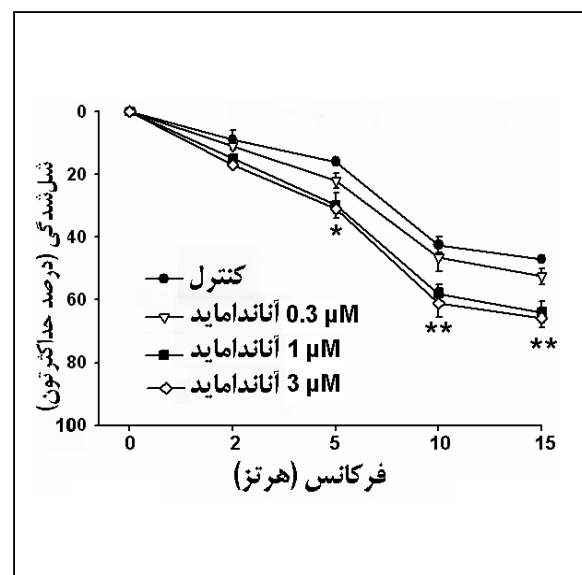


* یعنی $P < 0.05$ و ** یعنی $P < 0.01$ نسبت به گروهی که در آن تنها آنانداماید (یک میکرومول) اضافه شده است.

شکل شماره ۳- اثر آنتاگونیست اختصاصی رسپتور وانیلویدی VR_1 (۳ میکرومول کاپسازپین) بر پاسخ‌ها شل شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب غیرآدرنژیک غیرکولینرژیک (NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل افرین در حضور آنانداماید (یک میکرومول).

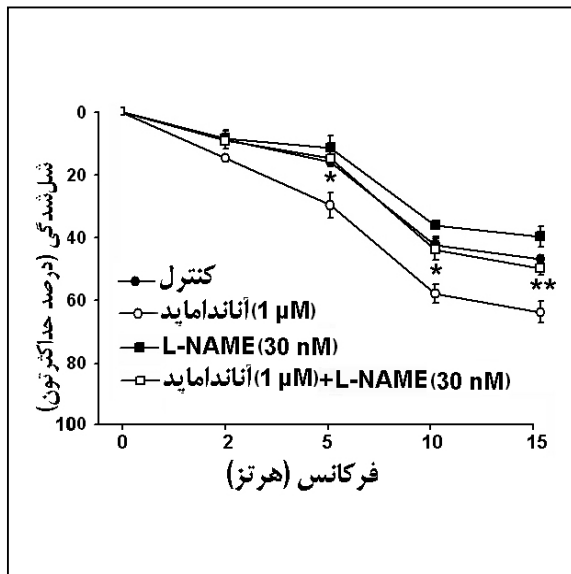
بر پاسخ‌های وابسته به NANC در حضور آنتاگونیست اختصاصی رسپتور کانابینویدی CB_1 یعنی یک میکرومول AM251 به طور معنی‌داری ($P < 0.01$) آنتاگونیزه شد. اما آنتاگونیست رسپتور CB_2 یعنی یک میکرومول AM630 اثری بر اثرات آنانداماید نداشت (شکل شماره ۲). همچنین، حضور آنتاگونیست اختصاصی رسپتور وانیلویدی VR_1 یعنی ۳ میکرومول کاپسازپین باعث مهار اثر آنانداماید بر پاسخ‌های شل شدگی القاء شده با تحریک اعصاب NANC شد ($P < 0.01$) (شکل شماره ۳).

هیچ یک از آنتاگونیست‌های CB_1 ، CB_2 و VR_1 به تنهایی اثری بر پاسخ‌های شل شدگی بافت کورپوس کاورنوزوم به تحریک الکتریکی اعصاب NANC نداشتند. همچنین، هیچ یک از حلال‌های مورد استفاده جهت این داروها یعنی DMSO و اتانول، بر پاسخ‌های شل شدگی به تحریکات الکتریکی اثری نداشتند.



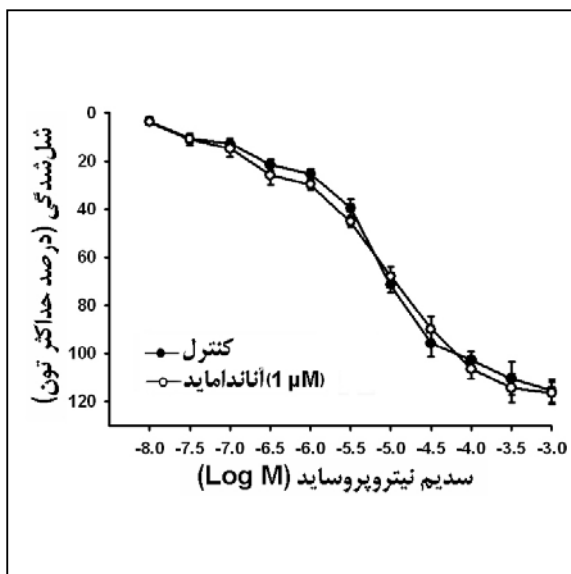
* یعنی $P < 0.05$ و ** یعنی $P < 0.01$ نسبت به گروه کنترل

شکل شماره ۴- پاسخ‌های شل شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب غیرآدرنژیک غیرکولینرژیک (NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل افرین در گروه کنترل و در حضور دوزهای مختلف آنانداماید.



* یعنی $P < 0.05$ و ** یعنی $P < 0.01$ نسبت به گروهی که در آن تنها آنانداماید (یک میکرومول) اضافه شده است.

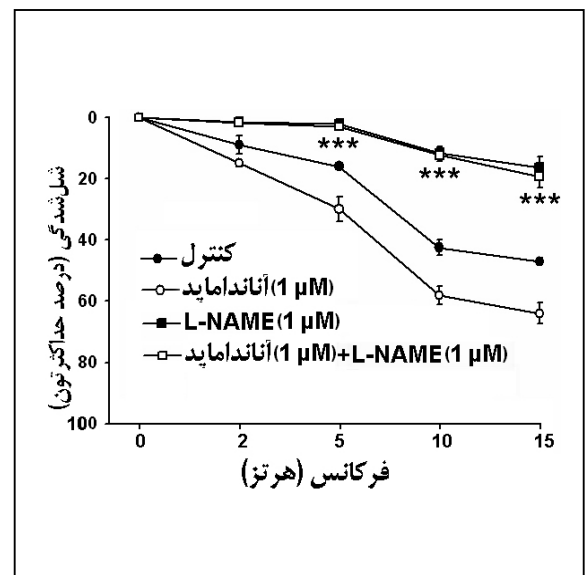
شکل شماره ۵- اثر L-NAME (۳۰ نانومول) بر پاسخ‌های شل‌شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب غیرآدرنرژیک غیرکولینرژیک (NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل‌افرین در حضور یا غیاب آنانداماید (یک میکرومول).



شکل شماره ۶- پاسخ‌های شل‌شدگی به دوزهای مختلف SNP در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل‌افرین در گروه‌های کنترل (Control) و در حضور آنانداماید (یک میکرومول)

L-NAME با غلظت یک میکرومول، باعث کاهش چشمگیری در پاسخ‌های شل‌شدگی القاء شده با تحریک الکتریکی اعصاب NANC در حضور یا عدم حضور یک میکرومول آنانداماید شد ($P < 0.001$) (شکل شماره ۴). یافته قابل توجه آن بود که اگر چه L-NAME با غلظت ۳۰ نانومول اثری بر پاسخ‌های شل‌شدگی در گروه کنترل نداشت، باعث کاهش معنی‌دار اثرات تقویت کننده آنانداماید بر NANC-induced relaxation در بافت کورپوس کاورنوزوم شد ($P < 0.01$) (شکل شماره ۵).

در گروه کنترل، SNP باعث شل‌شدگی وابسته به دوز در بافت منقبض شده با فنیل‌افرین شد. تفاوت معنی‌داری بین پاسخ‌ها در حضور یا عدم حضور یک میکرومول آنانداماید وجود نداشت (شکل شماره ۶).



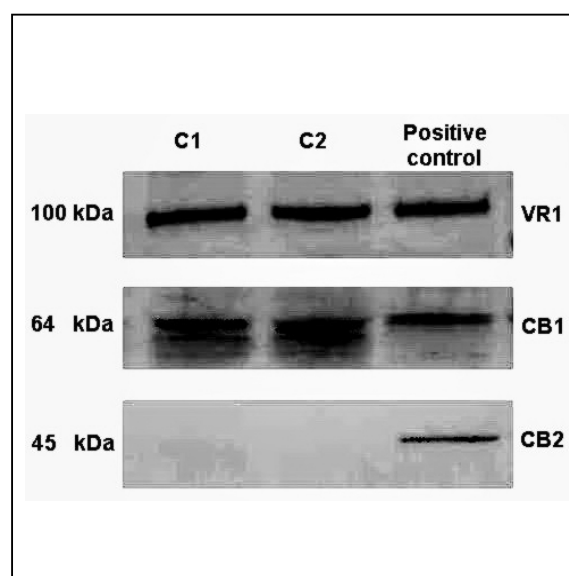
*** یعنی $P < 0.001$ در مقایسه با گروه کنترل

شکل شماره ۴- اثر L-NAME (یک میکرومول) بر پاسخ‌های شل‌شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب غیرآدرنرژیک غیرکولینرژیک (NANC) در بافت کورپوس کاورنوزوم منقبض شده با فنیل‌افرین در حضور یا غیاب آنانداماید (یک میکرومول).

کاورنوزوم دستگاه تناسلی موشهای صحرایی نر می‌شود که به نظر می‌رسد این اثر از طریق رسپتورهای کانابینویدی CB_1 و وانیلویدی VR_1 میانجی‌گری می‌شود؛ چرا که هر یک از آنتاگونیست‌های اختصاصی رسپتورهای CB_1 و وانیلویدی VR_1 باعث مهار اثر آننداماید گردیدند، در حالی که آنتاگونیست اختصاصی رسپتور کانابینویدی CB_2 از اثر آننداماید جلوگیری نکرد. این یافته با نتایج بسیاری از مطالعات قبلی که نشان می‌دهند، آننداماید می‌تواند آگونیستی برای هر دو رسپتور کانابینویدی CB_1 و وانیلویدی VR_1 باشد، سازگار می‌باشد.^(۱۶-۱۸) در یک مطالعه توسط Randall و همکارانش (۱۹۹۶)، نشان داده شد که وازودیلاتاسیون ناشی از آننداماید در بستر عروق مزانتریک موشهای صحرایی، به واسطه رسپتورهای CB_1 می‌باشد.^(۱۹) همچنین، Wagner و همکارانش (۲۰۰۱) نشان دادند که آننداماید از طریق اثر مستقیم بر رسپتور CB_1 باعث ایجاد شل شدگی در بستر عروق کرونری و مغزی می‌شود.^(۲۰) در مطالعه‌ای دیگر نیز نشان داده شد که آننداماید و آنالوگ پایدار آن یعنی مت آننداماید، باعث ایجاد شل شدگی در عروق هیپاتیک و مزانتریک موشهای صحرایی و نیز در عروق بازیلار خوچه‌های آزمایشگاهی می‌شوند که این اثر به واسطه رسپتورهای وانیلویدی VR_1 بود.^(۷) به هر حال، باید توجه داشت که برخی مطالعات گزارش نموده‌اند که آننداماید ممکن است از طریق رسپتورهای جدیدی غیر از CB_1 ، CB_2 و VR_1 ، بر ارگان‌های هدف خود اعمال اثر کند^(۲۱)، به همین خاطر، جهت تأیید این حقیقت که آیا اثر تقویت کننده آننداماید بر بافت کورپوس کاورنوزوم به واسطه وجود رسپتورهای کانابینویدی یا وانیلویدی در این بافت صورت می‌گیرد؛ در این مطالعه از روش وسترن بلات برای تعیین این رسپتورها استفاده شد و یافته‌های این بررسی به طور جالب توجهی نشان دادند که رسپتورهای کانابینویدی CB_1 و VR_1 (اما نه CB_2) در بافت کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی وجود دارند.

از آنجایی که غلظت پلاسمایی اندوکانابینوئیدها آنقدر کم است که بعید به نظر می‌رسد به رسپتورهای خود همانند یک

در روش وسترن بلات، با استفاده از آنتاگونیست‌های اختصاصی بافتهای کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی نر، یک باند تقریباً ۶۴ کیلوالتونی معرف پروتئین CB_1 را که مطابق با گروه کنترل مثبت بود، نشان دادند (شکل شماره ۷). همچنین، آنالیز وسترن بلات رسپتور وانیلویدی VR_1 ، یک باند اختصاصی در وزن ملکولی مشابه گروه کنترل مثبت برای این پروتئین‌ها (تقریباً ۱۰۰ کیلوالتون) را نشان داد (شکل شماره ۷). در گروه کنترل مثبت، یک باند اختصاصی ۴۵ کیلوالتونی برای رسپتور CB_2 وجود داشت، در حالی که این باند در بافت کورپوس کاورنوزوم وجود نداشت (شکل شماره ۷).



شکل شماره ۷- وسترن بلات (Western blot) پروتئین رسپتورهای CB_1 ، CB_2 و VR_1 در بافت کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی نر کنترل (C1 و C2). پروتئین‌های استخراج شده از زبان، مغز و طحال موشهای صحرایی به عنوان کنترل‌های مثبت (Positive control) به ترتیب برای واکنش ایمونولوژیک رسپتورهای VR_1 ، CB_1 و CB_2 استفاده شدند.

بحث

در مطالعه حاضر برای اولین بار نشان داده شد که آننداماید (یک کانابینوئید اندوژن) باعث اثر محیطی بر عملکرد نعوظ از طریق افزایش پاسخ‌های شل شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب NANC در بافت کورپوس

هورمون کلاسیک برسند و آنها را فعال نمایند، بنابراین بیش‌تر به عنوان مدیاتورهای اوتاکرین یا پاراکرین عمل می‌کنند. در این مطالعه نیز نشان داده شد که رسپتورهای CB_1 و VR_1 در بافت کورپوس کاورنوزوم وجود دارند و می‌توانند به عنوان هدفی برای اعمال اثر کانابینویدیهای اندوژنی همچون آنانداماید در بافت کورپوس کاورنوزوم باشند. سؤالی که ممکن است مطرح شود، این است که منبع تولید کانابینویدیهای اندوژن چیست؟ مطالعات مختلف در بافتهای دیگر نشان داده‌اند که سه نوع سلول به عنوان منبع اندوکانبینویدیها در سیستم عروقی هستند که شامل سلولهای اندوتلیال، اعصاب دور عروقی (perivascular) و سلولهای در گردش خون (همچون پلاکت‌ها، لکوسیت‌ها و ماکروفاژها) می‌باشند.^(۱۹ و ۲۴-۲۲)

با توجه به اینکه سلولهای اندوتلیال و اعصاب غیرآدرنژیک غیرکولینرژیک که نوروترانسمیتر اصلی آنها یعنی نیتریک اکساید نقش حیاتی در شل‌شدگی بافت کورپوس کاورنوزوم دارد^(۱۵-۱۲)، این احتمال وجود دارد که منبع احتمالی اندوکانبینویدیها در بافت کورپوس کاورنوزوم، سلولهای اندوتلیوم سینوزویدیهای کاورنوزال و یا اعصاب NANC باشند. به هر حال مطالعات بیش‌تر و دقیق‌تر در این زمینه لازم می‌باشد.

یافته دیگر این مطالعه آن بود که مهارکننده آنزیم سنتزکننده NO یعنی L-NAME (یک میکرومول)، باعث کاهش معنی‌دار پاسخ‌های شل‌شدگی به تحریک اعصاب NANC در حضور یا عدم حضور آنانداماید در بافت کورپوس گردید که این یافته حاکی از آن است که مدیاتور اصلی در شل‌شدگی القاء شده با تحریک اعصاب NANC در این بافت، NO می‌باشد. یافته جالب توجه آن بود که L-NAME با غلظتی که اثری بر این پاسخ‌ها در گروه کنترل نداشت (یعنی ۳۰ نانومول) باعث جلوگیری از اثر آنانداماید بر پاسخ‌های الکتریکی در بافت کورپوس کاورنوزوم گردید. این یافته نشان می‌دهد که اثر تقویت‌کننده آنانداماید بر پاسخ‌های شل‌شدگی القاء شده، با تحریک الکتریکی اعصاب NANC به واسطه مسیر نیتریک اکساید (NO) می‌باشد. این یافته با

بسیاری از مطالعات دیگر که نشان داده‌اند که NO در بسیاری از اثرات آنانداماید در بافتهای مختلف دخیل می‌باشد، همخوان است.^(۲۵ و ۲۶) در مطالعه‌ای توسط Fimiani و همکارانش (۱۹۹۹)، نشان داده شد که آنانداماید باعث افزایش تولید NO در سلولهای اندوتلیال انسان می‌شود.^(۲۷) همچنین، در مطالعه‌ای دیگر توسط Stefano و همکارانش (۱۹۹۸)، نشان داده شد که تولید NO القاء شده با آنانداماید در سلولهای اندوتلیال انسان به واسطه آنزیم سنتز کننده NO می‌باشد.^(۲۵) بعلاوه، Harris و همکارانش (۲۰۰۲)، نشان دادند که استفاده از یک مهارکننده آنزیم سنتزکننده NO عصبی از پاسخ‌های شل‌شدگی به واسطه آنانداماید در بستر عروق مزانتریک موشهای صحرایی جلوگیری بعمل می‌آورد.^(۲۸) از سوی دیگر، بررسی‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهد که پاسخ‌های شل‌شدگی به یک دهنده NO (سدیم نیتروپروساید)، که باعث فعال شدن مستقیم سنتز cGMP در عضله صاف کورپوس کاورنوزوم می‌شود، در حضور یا عدم حضور آنانداماید تفاوتی ندارند. بنابراین به نظر می‌رسد که پاسخ عضله صاف کاورنوزال به NO در حضور آنانداماید تغییری نمی‌کند. بنابراین، اثر تقویت‌کننده آنانداماید بر پاسخ‌های شل‌شدگی ناشی از تحریکات الکتریکی، احتمالاً از طریق افزایش فعالیت آنزیم سنتزکننده NO و یا تسهیل در آزاد شدن NO از اعصاب NANC می‌باشد. به هر حال، مطالعات بیولوژیک دقیق‌تر جهت این فرضیه ضروری به نظر می‌رسد.

با نشان دادن وجود رسپتورهای CB_1 و VR_1 در بافت کورپوس کاورنوزوم و نقش تقویت‌کننده پاسخ‌های شل‌شدگی به تحریک الکتریکی اعصاب NANC، قطعاً بینش جدیدی در فیزیولوژی بافت کورپوس کاورنوزوم و متعاقباً فرایند نعوظ ایجاد خواهد شد، چرا که با این مسیر تازه، ممکن است بسیاری از جنبه‌های فیزیولوژیک این فرایند که تا کنون مبهم باقی مانده‌اند، روشن‌تر شود. همچنین، اثر تقویت‌کننده اندوکانبینویدیها بر عملکرد اعصاب این بافت ممکن است که معرف رویکرد جدیدی جهت استفاده اندوکانبینویدیها در جهت بهبود عملکرد این اعصاب در

2- Devane WA, Dysarz FAI, Johnson MR, Melvin LS, Howlett AC. Determination and characterization of a cannabinoid receptor in rat brain. *Mol Pharmacol* 1988; 34: 605-13.

3- Matsuda LA, Lolait SJ, Brownstein MJ, Young AC, Bonner TI. Structure of cannabinoid receptor and functional expression of the cloned cDNA. *Nature* 1990; 346: 561-4.

4- Pertwee RG. Pharmacology of cannabinoid receptor ligands. *Curr Med Chem* 1999; 6: 635-64.

5- Devane WA, Hanus L, Breuer A, Pertwee RG, Stevenson LA, Griffin G, et al. Isolation and structure of a brain constituent that binds to the cannabinoid receptor. *Science* 1992; 258: 1946-9.

6- Howlett AC, Bidaut-Russell M, Devane WA, Melvin LS, Johnson MR, Herkenham M. The cannabinoid receptor: biochemical, anatomical and behavioral characterization. *Trends Neurosci* 1990; 13: 420-3.

7- Zygmunt PM, Petersson J, Andersson DA, Chuang H, Sorgard M, Di Marzo V, et al. Vanilloid receptors on sensory nerve mediate the vasodilator action of anandamide. *Nature* 1999; 400: 452-7.

8- Ralevic V, Kendall DA, Randall MD, Zygmunt PM, Movahed P, Hogestatt ED. Vanilloid receptors on capsaicin-sensitive sensory nerves mediate relaxation to methanandamide in the rat isolated mesenteric arterial bed. *Br J Pharmacol* 2000; 130: 1483-8.

9- Ferrari F, Ottani A, Giuani D. Inhibitory effects of the cannabinoid agonist on rat sexual behaviour. *Physiol Behav* 2000; 69: 547-54.

10- Shrenker P, Bartke A. Suppression of male copulatory behaviour by Δ^9 -THC is not dependent on changes in plasma testosterone or hypothalamic dopamine or serotonin content. *Pharmacol Biochem Beh* 1985; 22: 415-20.

11- da Silva GE, Fernandez MS, Takahashi RN. Potentiation of penile erection and yawning responses to apomorphine by cannabinoid receptor antagonist in rats. *Neurosci Lett* 2003; 25: 349-52.

12- Melid MR, Succu S, Mascia MS, Argiolas A. Antagonism of cannabinoid CB1 receptors in the paraventricular nucleus of male rats induces penile erection. *Neurosci Lett* 2004; 359: 17-20.

13- Ignarro LJ, Bush PA, Buga GM, Wood KS, Fukuto JM, Rajfer J. Nitric oxide and cyclic GMP formation upon electrical field stimulation cause relaxation of corpus cavernosum smooth muscle. *Biochem Biophys Res Commun* 1990; 170: 830-43.

موارد پاتولوژیکی همانند دیابت که باعث نوروپاتی می‌شوند، باشد؛ لذا به نظر می‌رسد که مطالعات بیش‌تر جهت بررسی اثرات درمانی کانابینویدهای اندوژن در بیماری‌هایی که از طریق اختلال در عملکرد اعصاب NANC باعث اختلال نعوظ می‌شوند، لازم باشد. به هر حال، باید توجه داشت که در این مطالعه از اثر اندوکانبینویدها در محیط *in vitro* استفاده شده است و از غلظت‌های کمی از آنانداماید استفاده شده است؛ لذا مطالعات بیش‌تر به صورت *in vivo* و در گونه‌های حیوانی مختلف لازم است تا اثر این داروها بر عملکرد نعوظ مشخص شود.

نتیجه‌گیری

این مطالعه برای اولین بار نشان داد که آنانداماید (یک کانابینوید اندوژن) باعث افزایش پاسخ‌های شل شدگی به تحریکات الکتریکی اعصاب NANC در بافت کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی شد که این اثر از طریق رسپتورهای CB_1 و VR_1 میانجی‌گری می‌شد. همچنین با استفاده از روش وس‌ترن بلات نشان داده شد که رسپتورهای CB_1 و VR_1 در بافت کورپوس کاورنوزوم موشهای صحرایی وجود دارند. به نظر می‌رسد که اثر اندوکانبینویدها بر عملکرد اعصاب کاورنوزال از طریق یک مکانیسم وابسته به مسیر تولید NO در اعصاب NANC این بافت باشد.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با استفاده از حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی - درمانی تهران در قالب طرح تحقیقاتی (شماره ثبت: ۱۳۲/۱۱۶۳۰) انجام گردیده است که بدین وسیله نویسندگان مقاله، مراتب تقدیر و تشکر خود را از مسئولین آن مرکز ابراز می‌دارند.

فهرست منابع

1- Herer J. The emperor wears no cloths: The authoritative historical record of cannabis and the conspiracy against marijuana. 11 th ed. New York: AH HA publishing Co; 1998. p. 20-25.

- 14- Lue TF. Erectile dysfunction. *N Eng J Med* 2000; 342: 1802-13.
- 15- Andersson KE. Erectile physiological and pathophysiological pathways involved in erectile dysfunction. *J Urol* 2003; 170: s6-s14.
- 16- Smart D, Gunthorpe MJ, Jerman JC, Nasir S, Gray J, Muir AI, et al. The endogenous lipid anandamide is a full agonist at the human vanilloid receptor(hVR1). *Br J Pharmacol* 2000; 129: 227-30.
- 17- Smart D, Jerman JC, Gunthorpe MJ, Brough SJ, Ranson J, Cairns W, et al. Characterisation using FLIPR of human vanilloid VR1 receptor pharmacology. *Eur J Pharmacol* 2001; 417: 51-8.
- 18- Tognetto M, Amadesi S, Harrison S, Creminon C, Trevisani M, Carreras M, et al. Anandamide excites central terminals of dorsal root ganglion neurons via vanilloid receptor-1 activation. *J Neurosci* 2001; 21: 1104-9.
- 19- Randall MD, Alexander SPH, Bennett T, Boyd EA, Fry JR, Gardiner SM, et al. An endogenous cannabinoid as an endothelium-derived vasorelaxant. *Biochem Biophys Res Commun* 1996; 229: 114-20.
- 20- Wagner JA, Jarari Z, Batkai S, Kunos G. Hemodynamic effects of cannabinoids: coronary and cerebral vasodilation mediated by cannabinoid CB receptors. *Eur J Pharmacol* 2001; 423: 203-10.
- 21- Wagner JA, Varga K, Jarai Z, Kunos G. Mesenteric vasodilation mediated by endothelial anandamide receptors. *Hypertension* 1999; 33: 429-34.
- 22- Hillard CJ. Endocannabinoids and vascular function. *J Pharmacol Exp Ther* 2000; 294: 27-32.
- 23- Ishioka N, Bukoski RD. A role for N-arachydonylethanolamine(anandamide) as the mediator of sensory nerve-dependent Ca²⁺-induced relaxation. *J Pharmacol Exp Ther* 1999; 289: 245-50.
- 24- Deutsch D, Goligorsky MS, Schimid PC, Krebsbach RJ, Schmid HHO, Das SK, et al. Production and physiological actions of anandamide in the vasculature of the rat kidney. *J Clin Invest* 1997; 100: 1538-1546.
- 25- Stefano GB, Salzet M, Magazine HL, Bilfinger TV. Antagonism of LPS and INF-(induction of iNOS in human saphenous vein endothelium by morphine and anandamide by NO inhibition of adenylate cyclase. *J Cardio Pharmacol* 1998; 31: 813-20.
- 26- Howlett AC, Mukhopadhyay S. Cellular signal transduction by anandamide and 2-arachidonoylglycerol. *Chem Phys Lipids* 2000; 108: 53-70.
- 27- Fimiani C, Mattocks D, Cavani F, Salzet M, Deutsch DG, Pryor S, et al. Morphine and anandamide stimulate intracellular calcium transients in human arterial endothelial cells: Coupling to nitric oxide release. *Cell Signal* 1999; 11: 189-93.
- 28- Harris D, McCulloch AI, Kendall DA, Randall MD. Characterization of vasorelaxation responses to anandamide in the rat mesenteric arterial bed. *J Physiol* 2002; 15: 893-902.

Effect of Endocannabinoid System on the Neurogenic Function of Rat Corpus Cavernosum

M. Ghasemi,^I H. Sadeghi Pour Roudsari,^I A.R. Dehpour, PhD^{II}
 *H.R. Sadeghi Pour Roudsari, PhD^{III}

Abstract

Background & Aim: Although studies have shown the central effects of Endocannabinoid on erection, its' peripheral effect is unknown. The purpose of this study was to investigate the effect of the endogenous cannabinoid anandamide on the nonadrenergic noncholinergic (NANC) relaxant responses to electrical field stimulation in isolated rat corpus cavernosum, a crucial tissue in erectile function.

Material and Methods: The rat corporeal strips were mounted under tension in a standard oxygenated organ bath with guanethidine sulfate (5 μ M) and atropine (1 μ M) (to produce adrenergic and cholinergic blockade). The strips were precontracted with phenylephrine hydrochloride (7.5 μ M) and electrical field stimulation was applied at different frequencies (2, 5, 10, 15 Hz) to obtain NANC-mediated relaxation. Anandamide (0.3, 1 and 3 μ M in separate groups) was added 20-min before electrical stimulation. In another group, the selective cannabinoid CB1 receptor antagonist AM251 (1 μ M), the selective cannabinoid CB2 receptor antagonist AM630 (1 μ M) and a vanilloid receptor antagonist capsazepine (3 μ M) were separately added to the bathing medium 45-min before anandamide (1 μ M) administration. Using western blotting, the existence of cannabinoid and vanilloid receptors were assessed in this tissue. Each group consisted of six rats. This study was an experimental study. Statistical analysis of the data was performed by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Newman-keuls post hoc test. Statistical significance was considered when $P < 0.05$.

Results: The results showed that the NANC relaxant responses were significantly enhanced in the presence of anandamide at 1 and 3 μ M. The potentiating effect of anandamide (1 μ M) on relaxation responses was significantly lessened by either AM251 (1 μ M) or capsazepine (3 μ M), but not by AM630 (1 μ M) ($P < 0.01$). Neither of these antagonists had influence on relaxation responses. Preincubation with the nitric oxide synthase inhibitor L-NAME (1 μ M) significantly inhibited the relaxation responses in the presence or absence of 1 μ M anandamide ($P < 0.001$). Although at 30 nM, L-NAME did not influence NANC responses, it significantly reduced ($P < 0.01$) the attenuating effect of anandamide on NANC responses. Anandamide (1 μ M) had no influence on concentration-dependent relaxant responses to sodium nitroprusside (10 nM-1 mM), an NO donor. Western blotting revealed the existence of cannabinoid CB1 (but not CB2) and vanilloid VR1 receptors in rat corpus cavernosum.

Conclusion: For the first time, our results indicated the potentiating activity of anandamide on NANC-mediated relaxation of rat corpus cavernosum through both CB1 and vanilloid receptors. The NO-mediated component of the NANC relaxant responses to electrical stimulation is involved in this enhancement. Also it was shown that CB1 and VR1 receptors are present in this tissue.

Key Words: 1) Cannabinoids 2) NANC (nonadrenergic noncholinergic) Nerves
 3) Nitric Oxide (NO) 4) Corpus Cavernosum 5) Rat

^I) Medical Student, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran.

^{II}) Professor of Pharmacology, Faculty of Medicine, Tehran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran.

^{III}) Professor of Physiology, Faculty of Medicine, 16th Azar st., Poursina st., Tehran University of Medical Sciences and Health Services, Tehran, Iran. (*Corresponding Author)